



Estructuración de portafolios de inversión de renta
variable de acuerdo a la teoría del perfil del riesgo para
los años 2017-2020 en Colombia

Sebastián Vélez Muñoz
Juan Camilo Lopera

Universidad EAFIT

Asesora: Mariana Bravo Sepúlveda

Escuela de Economía y Finanzas

Medellín 2019

Resumen

En el presente trabajo se realiza una revisión del modelo de Markowitz para la construcción de portafolios de inversión en la Bolsa de Valores de Colombia. Se detallan los elementos mas relevantes que hay que tener en cuenta a la hora de invertir en el mercado, resaltando el perfil de riesgo como uno de ellos y se muestra un procedimiento por el cual es posible conocer dicho perfil por lo cual el trabajo se presenta de forma descriptiva. Una vez se realiza la aplicación del modelo se presentan diferentes portafolios de inversión para los diversos perfiles de riesgo existentes y se plantean soluciones a las limitaciones de estos por medio de algoritmos genéticos y las sugerencias de Michaud.

1. Introducción

1.1. Planteamiento del problema

Todas las personas saben que el mercado de capitales es un medio por el cual se pueden generar grandes rentabilidades en poco tiempo, sin embargo, está claro que hay riesgo asociado a estas que en algunos casos puede ser alto, llegando al punto de perder la totalidad de la inversión. Cada activo o título que se negocia en el mercado cuenta con un riesgo que depende de diversos factores, lo cual genera diferentes opciones a la hora de buscar una inversión y es ahí donde la identificación de un perfil de riesgo es relevante, siendo una parte fundamental para la toma de decisiones a la hora de crear un portafolio de inversión.

Por definición el perfil de riesgo de una persona según (Herrera Rodríguez, Salazar Ocampo, & Torres Oke, 2015) indica su capacidad de asumir perdidas dependiendo de la rentabilidad que pueda tener una inversión. Es decir, el nivel de riesgo que una persona está dispuesta a asumir con respecto a sus inversiones en busca de una rentabilidad. (p.16)

Está claro que el riesgo es inherente a las inversiones, por lo que, en todos los escenarios, sea cual sea el caso, existe la posibilidad de ganar o perder dinero. Ahora bien, es lógico que cualquier inversor está en busca de obtener beneficios y no de reducir su capital, por lo que es de su interés el hecho de minimizar el riesgo en sus inversiones.

Para ello, basados en (Markowitz, 1952), en su artículo “*Portfolio Selection*” se puede afirmar que la mejor forma de minimizar el riesgo asociado a las inversiones y a su vez maximizando el rendimiento esperado, es mediante la inversión en dos o más activos financieros, es decir, la creación de un portafolio.

Según (Markowitz, 1952), en lo que comúnmente se denomina la teoría moderna de construcción de portafolios, es clave para la solución del problema del inversionista el hecho de construir un portafolio de inversión que maximice el retorno esperado para un nivel de riesgo adquirido por este, dado que al invertir en un solo instrumento financiero no se obtiene diversificación por lo cual se podría incurrir en un riesgo mayor que si se contara con múltiples activos.

La bolsa de valores de Colombia tuvo su origen en el año 2001, y desde entonces se encuentra en una senda de crecimiento cada vez más elevada debido al creciente interés por parte del público en hacer parte de este mercado. La bolsa es un entorno en el cual hay múltiples factores que afectan el desempeño de los activos que hacen parte de ella, y dichos factores dependen de complejas dinámicas económicas y sociales que suponen un reto para los inversionistas a la hora de tomar decisiones de inversión que maximicen la búsqueda de sus intereses.

El mercado de capitales colombiano presenta en la actualidad y a lo largo de los últimos 10 años unos retos de enorme magnitud en cuanto a profundidad, liquidez, emisores e inversionistas (Sepulveda, 2019). Estas dinámicas se deben al comportamiento de las personas en Colombia respecto al mercado de capitales, ya que es evidente que la confianza sobre el mercado es muy escasa y el conocimiento sobre el mismo es casi inexistente por la mayor parte del público.

Dadas las circunstancias anteriormente explicadas, este trabajo pretende brindar una solución práctica para los nuevos inversionistas por medio de una metodología sencilla que permite demostrar a una persona natural, partiendo desde la identificación de su perfil de riesgo, que es posible invertir en la bolsa de valores de Colombia con la creación de un portafolio de inversión

que maximice la rentabilidad dadas sus condiciones de riesgo, por lo tanto, el trabajo pretende responder a la pregunta:

¿Es posible obtener buenas rentabilidades aplicando el modelo de Markowitz y la teoría del perfil de riesgo en la bolsa de valores colombiana para cada uno de los tres tipos de perfiles?

1.2. Justificación

Colombia es un país donde en la actualidad se presentan algunos problemas sociales, uno de ellos es el problema pensional, que muestra indicios de ser insostenible a largo plazo y que con alta probabilidad no tendrá fondos para soportar el flujo de personas que se jubilan diariamente. (Gómez Ramírez & García Ferrer, 2014). Los trabajadores día tras día se dan cuenta de esta situación, por lo que ellos están empezando a pensar que deben hacer algo diferente en vista de su jubilación, y ven el ahorro y la inversión por cuenta propia como un medio para alcanzar dicho fin.

Por otro lado, en la actualidad las nuevas generaciones tienen una idea muy distinta sobre el manejo del dinero, esta nueva generación se caracteriza por ser más dinámica y busca gestionar su propio capital de una forma activa y no depender de un único ingreso por lo que buscan nuevas alternativas de inversión. Esto puede resultar más fácil para aquellas personas con un exceso de liquidez moderado o alto (personas con altos ingresos económicos) ya que fácilmente pueden acceder a entidades financieras o brókers que administren su dinero y determine sus perfiles de riesgos, sin embargo, no todos pueden acceder a este tipo de recursos por las altas comisiones que se cobran y porque muchas veces piden un monto mínimo de inversión el cual está fuera del alcance de la mayoría de las personas en Colombia.

Debido a todo esto se encuentra la necesidad de encontrar un modelo que permita a toda persona natural conocer su perfil de riesgo y posteriormente encontrar un portafolio construido a partir de activos colombianos que maximicen su beneficio. Por lo cual, por medio de este trabajo se propondrá una metodología que va a ayudar a una persona con poco

conocimiento sobre el mercado a entender las dinámicas del mismo y como puede estructurar un portafolio que se acople a su tolerancia al riesgo.

1.3. Objetivo General

Aplicar el modelo de (Markowitz, 1952) junto con la teoría del perfil de riesgo con el fin de demostrarle a una persona natural que realice inversiones que es posible obtener rentabilidades altas invirtiendo en la Bolsa de Valores de Colombia sin importar cual sea el perfil de riesgo obtenido.

1.4. Objetivos específicos

- Dotar a las personas naturales de más herramientas a la hora de seleccionar un portafolio de inversiones por medio de los conocimientos básicos para un correcto entendimiento de los mercados el cual está contenido en el estado del arte.
- Determinar cuál es el perfil de riesgo de un grupo de personas y su horizonte de inversión por medio de entrevistas y encuestas, para la selección optima de los activos que compondrán el portafolio.
- Establecer una lista de instrumentos financieros que se adapten a las posibles necesidades de cada perfil con base al riesgo presente en ellos, se analizará la volatilidad, el rendimiento promedio, el coeficiente de variación que genera, y con estos determinar grupos de activos.
- Se realizará la conformación de 3 portafolios, cada uno estará basado en un perfil de riesgo determinado, este con el fin de sugerir al inversionista cual sería la participación que se debe de dar a un activo específico.

1.5. Hipótesis y resultados esperados

La hipótesis planteada para el trabajo es que si se puede lograr una alta rentabilidad, sin embargo para esto una persona natural debe conocer su perfil de riesgo para la selección y toma de decisiones de un portafolio óptimo ya que esta le permitirá escoger el portafolio que mejor se acople a su nivel de rentabilidad esperado.

Con base en lo anteriormente explicado se espera que este trabajo arroje los siguientes resultados:

- 1) Identificar el grado de tolerancia al riesgo de un grupo inversionistas.
- 2) Se espera obtener combinaciones optimas de activos que se adapten a cada uno de los perfiles de riesgo existentes.
- 3) Se espera a su vez generar un impacto en la educación financiera de las personas para que identifiquen que también es viable invertir su capital en el mercado colombiano, y así ayudar a generar dinamismo y liquidez en el mismo.

2. Marco de referencia conceptual

Para el correcto entendimiento del lector es necesario establecer los conceptos básicos del lenguaje de un inversionista, para que pueda comprender las temáticas que se desarrollaran más adelante en el trabajo y a su vez, se sienta más cómodo con dicho lenguaje cuando se presente ante una situación real a la hora de invertir.

Los siguientes términos teóricos se presentan con el fin de llevar a cabo un buen procedimiento de construcción de un portafolio de inversión optimo, que tenga en cuenta los factores más importantes para lograr un resultado deseado con base en un perfil de riesgo específico.

2.1. Riesgo

(Herrera Rodríguez, Salazar Ocampo, & Torres Oke, 2015) plantean que

La palabra riesgo proviene de su raíz latina risicare que significa “atreverse” a transitar por un sendero peligroso, o a elegir una vía de acción que puede llevar al éxito o al fracaso, en realidad tiene un significado negativo, relacionado con peligro, daño, siniestro o pérdida; también se define como la vulnerabilidad ante un potencial perjuicio o daño para las organizaciones o personas. Sin embargo, todas las decisiones que se toman en cualquier campo tienen un nivel y un tipo de riesgo incorporado, por lo que se vuelve inherente en el proceso de toma de decisiones. (p.2,3).

2.2. Perfil de riesgo

Tal como se había mencionado, el perfil de riesgo de una persona según (Herrera Rodríguez, Salazar Ocampo, & Torres Oke, 2015, pág. 16) indica su capacidad de asumir pérdidas dependiendo de la rentabilidad que pueda tener una inversión. Es decir, el nivel de riesgo que una persona está dispuesta a asumir con respecto a sus inversiones en busca de una rentabilidad.

Cada persona natural o inversionista tiene cierta tolerancia hacia el riesgo, algunos están dispuestos de arriesgar hasta el punto de perderlo todo, mientras que otros sostienen un perfil más conservador en el que se busca preservar el capital aceptando un nivel de pérdida determinado, a esto se le llama perfil de riesgo.

Barón y Agudelo definen el perfil de riesgo como “Aspectos que determinan el grado de riesgo que está dispuesto a asumir con el dinero o las inversiones. El perfil de riesgo define la tolerancia frente al riesgo que implican las decisiones de inversión”. (Baron Zuluaga & Agudelo Mahecha, 2016, pág. 19)

El perfil de riesgo es imprescindible para la correcta conformación de un portafolio ya que no todos los instrumentos financieros son para todos los inversionistas pues hay unos que manejan un mayor retorno esperado a costa de una mayor volatilidad y riesgo asociado que muchos no están dispuestos a asumir, es por esto que se planteara un portafolio óptimo de acuerdo al perfil de riesgo al que se asocie un inversionista determinado.

De la misma forma García y Gómez (2014) definen tres tipos de inversionistas, un perfil conservador el cual consiste en la protección del patrimonio; son personas que se caracterizan por no querer arriesgar su dinero y de invertir solo en instrumento donde el riesgo sea mínimo, aunque no entreguen una alta rentabilidad. El segundo perfil se denomina el perfil moderado el cual es una combinación entre riesgo y rentabilidad, es decir tiene como objetivo la estabilidad teniendo un nivel de riesgo moderado para una rentabilidad moderada. Finalmente, está el perfil de amante al riesgo el cual está dispuesto a asumir grandes riesgos con el objetivo de obtener grandes rentabilidades. (Gómez Ramírez & García Ferrer, 2014, págs. 28-33)

2.3. Mercado de capitales y la Bolsa de valores de Colombia

El mercado de capitales es un espacio donde se movilizan recursos diariamente con propósitos empresariales y de negocio. En el encontramos oferentes y demandantes de dinero de muchos tipos y de diversas características. Principalmente hablamos de los demandantes como las empresas y el gobierno, quienes buscan recursos para financiar sus actividades y proyectos con recursos que los oferentes; quienes principalmente son los inversionistas, están dispuestos a entregarles a cambio de un retorno de tipo económico. (Montalvo, 2018)

En el mercado de capitales se encuentra una entidad llamada la bolsa de valores de Colombia, la cual se presenta como la líder de infraestructura en este mercado que ofrece soluciones para los oferentes y demandantes del mercado de capitales. En ella se encuentran los mercados de acciones, renta variable, renta fija, derivados y commodities, así como también de diversos servicios que ofrecen los emisores en Colombia.

2.4. Renta fija y renta variable

En el mundo de la inversión existen múltiples mecanismos de inversión. Entre ellos existe lo que se conoce como renta variable. Este tipo de inversión es aquella que cuenta con la característica de que la inversión inicial que se realiza y los rendimientos que genera no están asegurados y a su vez, estos no son conocidos antes de realizar la inversión. Además, en este tipo de inversión existe la posibilidad de obtener rentabilidades negativas e incluso puede llegar a perderse la totalidad del dinero invertido, por lo cual se dice que una inversión en este tipo de instrumentos financieros se considera de alto riesgo. Un ejemplo claro de inversión en renta variable son las acciones, las cuales presentan las características anteriormente mencionadas. (BBVA Asset Management, s.f.)

Por otro lado, existe otro instrumento de inversión conocido como renta fija. El cual se basa en la idea de que un inversionista entregue capital a un emisor, con el compromiso del último de devolver el capital entregado más intereses a lo largo o al cabo de un determinado tiempo determinado desde un inicio. Este instrumento por el contrario al de renta variable se considera uno de bajo riesgo, pero suele entregar menores rentabilidades y es necesario especificar que renta fija no significa rentabilidad fija ni tampoco significa inversiones libres de riesgo.

Entre los instrumentos de renta fija se pueden encontrar: bonos (Deuda pública y deuda privada), CDT'S, titularizaciones y papeles comerciales. (Gómez Ramírez & García Ferrer, 2014, pág. 7)

2.5. Portafolio o cartera de inversiones

Como lo plantean (Vásquez Serpa, Dextre Osco, Mejia Quiñones, & Calapuja Escobedo, 2018) en su artículo “Elección de portafolio óptimos de activos con y sin riesgo”

Un portafolio es una colección de diferentes activos o instrumentos financieros tales como acciones de diferentes empresas, bonos o dinero en efectivo, con el objetivo de sacar una rentabilidad del mercado, esta combinación de inversiones lo puede realizar una institución o un individuo.

Y según como se mencionó con anterioridad, la creación de una cartera de inversiones es una parte fundamental de una estrategia de inversión ya que con ella se obtiene la diversificación, en la cual se busca minimizar el riesgo para optimizar los retornos.

3. Revisión de literatura académica

Colombia es un país que maneja la BVC (Bolsa de valores de Colombia), en esta bolsa cotizan las empresas emisoras de Colombia. La BVC ha sufrido una gran volatilidad en el número de emisores en los últimos 20 años. Cerca del año 2000 la BVC tenía 132 empresas que cotizaban en esta y que fue disminuyendo en los próximos años hasta llegar a 96 en 2006. (Revista Portafolio, 2006).

Para el año 2019 el número de empresas que cotizan en la BVC es de 174 según la página oficial, desde el año 2011 el número de inversionistas ha venido decreciendo, llegando a perder un total de 378.000 inversores para el año 2018 (Gonzales, 2018), esto quiere decir que a pesar de que el número de emisores se ha recuperado y ha ido en aumento, cada vez hay menos personas dispuestas a invertir en la Bolsa de Valores de Colombia.

Las personas naturales invierten cada vez menos por dos principales razones: el desconocimiento sobre la BVC y la inseguridad y dudas sobre la legitimidad sobre esta. (Dinero, 2017)

Para analizar los portafolios de inversión y la diversificación es necesario comprender a Markowitz pues los estudios se basan sobre esta teoría.

En 1952 Harry Markowitz originó la teoría moderna del portafolio. Esta es una teoría de inversión que estudia la conformación de un portafolio con instrumentos financieros que maximicen la rentabilidad y minimicen el riesgo, donde propone que el inversor debe abordar la cartera como un todo, estudiando las características de riesgo y retorno global, en lugar de escoger valores individuales en virtud del retorno esperado de cada valor en particular. (Markowitz, 1952)

Además de hablar sobre la creación y elección un adecuado portafolio, Markowitz también trató el tema de la diversificación de un portafolio.

“Por diversificación se entiende invertir en más de un activo, con el fin de reducir el nivel de riesgo asociado con los factores específicos de una compañía, a los cuales se estaría expuesto en el caso de invertir en uno solo activo”. (Betancourt Bejarano, García Díaz, & Lozano Riaño, 2013)

Markowitz demostró que si hay una baja correlación entre los instrumentos financieros lo óptimo es diversificar el portafolio con el fin de minimizar el riesgo asociado a la inversión y maximizar el retorno esperado. La correlación se refiere a la relación recíproca que hay entre los instrumentos por lo tanto si los activos tienen una correlación positiva no se podría diversificar. (Markowitz, 1952)

Así mismo Markowitz también demostró que es posible generar un portafolio óptimo para cada nivel de riesgo y que con la unión de todos estos puntos óptimos se puede formar lo que se denomina la frontera eficiente de carteras.

“La frontera de carteras eficiente es el conjunto de carteras más eficientes de un mercado, es decir, las que ofrecen una mayor rentabilidad esperada según los diferentes niveles de riesgo que se pueden asumir” (Ferrari, s.f.).

El modelo de Markowitz presenta una solución práctica e intuitiva para el problema del inversionista, pero ésta no es la única solución posible, y como la mayoría de las metodologías, también presenta problemas. Uno de los principales es el de la exclusión de los costos de

transacción a la hora de conformar un portafolio, los cuales producen que las soluciones eficientes encontradas por el modelo dejen de serlo en algunos casos. Cuando se incluyen los costos de transacción en el modelo se presenta mayor dificultad para encontrar soluciones optimas, adicionalmente el modelo de Markowitz presenta limitaciones en cuanto a máximos y mínimos relativos y absolutos por lo que se pueden buscar alternativas como los algoritmos genéticos. (De Greiff & Rivera, 2018)

Los algoritmos genéticos se definen como búsquedas que simulan un proceso de selección natural como se conoce comúnmente en la ciencia. Mediante ellos se pretende la evolución de una población por medio de recombinaciones y mutaciones genéticas, para llegar a una selección que se adapte a un criterio específico. En función de esta, se definen cuáles son los individuos que sobreviven, cuáles son los más aptos y cuáles son los menos aptos para resolver soluciones a problemas de optimización y de búsqueda; siendo en este caso activos o instrumentos financieros y no individuos. (Martinez, 2017)

4. Metodología

Para la realización del modelo de inversión que se propone realizar, es necesario establecer en primera instancia el grado de tolerancia al riesgo de un grupo de inversionistas, con los cuales se pretende encontrar soluciones para el perfil con nivel de riesgo conservador, el perfil moderado y el perfil de crecimiento. Para ello, se usó una encuesta realizada por autoría propia que está basada en estudios previos sobre psicología de inversión y aspectos fundamentales de psicología de las personas que permiten identificar qué tan averso o amante al riesgo es una persona con base a unas preguntas concretas. Dicho cuestionario se presenta a continuación en la tabla 1

Tabla 1: Encuesta de perfil de riesgo

<p>Pregunta 1</p> <p>Alguien de tú familia va a regalarte la suma de 5 millones de pesos para que lo inviertas donde quieras. ¿Qué es más probables que hagas?</p> <p>A. Hablar con familia, amigos u otras personas que te recomienden donde invertir</p> <p>B. Ambas opciones</p> <p>C. Realizar tú mismo una investigación para ver dónde invertir</p>
Pregunta 2

<p>Te encuentras esperando que pase el pico y placa en un centro comercial con un amigo que le gustan las apuestas, para pasar el rato tú amigo te ofrece jugar cara o sello con las siguientes posibilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sale cara ganas 12.000, sale sello pierdes 6.000 • Sale cara ganas 8.000, sale sello pierdes 4.000 • Sale cara ganas 5.000, sale sello pierdes 5.000 <p>¿Aceptarías jugar?</p> <p>Respuestas para cada una de las opciones:</p> <p>A. Si</p> <p>B. No</p>
<p>Pregunta 3</p> <p>¿Qué tan de acuerdo estas con las siguientes informaciones?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prefiero tomar mis propias decisiones sin opinión de otras personas • Soy siempre optimista acerca de mi futuro • Tiendo a comprar cosas que no me puedo permitir económicamente • Tiendo a arrepentirme cuando tomo una decisión <p>Respuesta para cada una de las opciones:</p> <p>A. Desacuerdo</p> <p>B. Indiferente</p> <p>C. De acuerdo</p>
<p>Pregunta 4</p> <p>En el centro comercial decides comprar un celular nuevo que se encuentra en oferta y que cuenta con las siguientes opciones de pago:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A) Pagar 1.100.000 ya mismo B) Pagar 1.200.000 en un mes • A) Pagar 1.250.000 en 6 meses B) Pagar 1.350.000 en un año <p>¿Cuál tomarías?</p> <p>Respuestas para cada una de las opciones:</p> <p>A. Opción A</p> <p>B. Opción B</p>
<p>Pregunta 5</p> <p>¿Cómo consideras tu conocimiento en comparación a la mayoría en los siguientes temas?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inversiones • Apuestas • Mercado de capitales <p>Respuestas para cada una de las opciones:</p> <p>A. Inferior que la mayoría</p> <p>B. Igual que la mayoría</p> <p>C. Superior que la mayoría</p>
<p>Pregunta 6</p> <p>Indica verdadero o falso de acuerdo con que tan segur@ te sientes de tú respuesta para las siguientes afirmaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comprar algo a crédito es lo mismo que comprarlo en efectivo, pero aplazando el desembolso del dinero • El aguacate es una verdura • En un año tu situación financiera va a estar mejor que en la actualidad

<p>Respuestas para cada una de las opciones: Respuesta de 0 a 100% donde 0% es que estas completamente seguro de que es verdadero y 100% de que es falso</p>
<p>Pregunta 7 ¿Qué edad tienes?</p>
<p>Pregunta 8 Suponga que cuenta con una inversión de 100 millones en el mercado de capitales y que en un mes de alta volatilidad pierde el 10% de su inversión. ¿Qué haría usted?</p> <p>A. Vendería todas sus inversiones B. Mantendría sus inversiones un poco más, esperando que se recuperen C. Aumentaría sus inversiones esperando que el precio vuelva a su nivel anterior</p>
<p>Pregunta 9 En caso de invertir dinero en el mercado, ¿Cuál sería su fuente de dinero para invertir?</p> <p>A. De su trabajo B. Del trabajo y algunos ahorros C. Herencia o rentas no relacionadas con el trabajo</p>
<p>Pregunta 10 En caso de invertir dinero en el mercado, ¿Por cuánto tiempo mantendría su inversión?</p> <p>A. Máximo tres años B. Entre tres y cinco años C. Más de cinco años</p>

Como se mencionó anteriormente este cuestionario fue realizado por autoría propia, y fue desarrollado para la formulación de un simulador que permite identificar el perfil de riesgo de inversión de una persona. Este proyecto fue desarrollado en una compañía comisionista de bolsa llamada Ultraserfínco. Las preguntas que en él se encuentran están fundamentadas en su mayoría en aspectos psicológicos de las personas, los cuales finalmente afectan la toma de decisiones en la vida cotidiana y afectan las decisiones de inversión de las personas. Con el cuestionario es posible identificar el nivel de confianza, optimismo, aversión a la pérdida (¿Esta la persona sobre influenciada por el miedo a tomar una decisión equivocada?), impulsividad de una persona y si esta es fácilmente influenciada por los demás.

A cada pregunta se le asigno una ponderación específica basada en las experiencias de los corredores de bolsa que trabajan en la compañía que se realizó el estudio, y con ellas fue posible calificar las encuestas asignándoles puntajes. El resultado de la calificación de la encuesta gracias a esta metodología es un puntaje que va de 0 a 100. Con este resultado asignamos unos rangos de puntajes para cada perfil de riesgo de la siguiente forma: 0 a 33 puntos hablamos de una persona

con perfil conservador, 34 a 66 puntos una persona con perfil moderado y 67 a 100 puntos una persona con perfil crecimiento. Los rangos fueron seleccionados de forma equitativa para los 3 , teniendo en cuenta que entre menor es el puntaje, menos riesgo esta dispuesto a tolerar el inversionista.

Se llevaron a cabo 108 encuestas en totalidad y se realizó una entrevista de forma presencial al director de inversiones de renta fija de Seguros Suramericana Andrés Felipe Muñoz con el fin de identificar los diversos perfiles de riesgo y a su vez, el rango medio de volatilidad permitida por ellos en las firmas inversoras. De las 108 encuestas, 50 de ellas fueron respondidas por personas entre los 18 y los 25 años de edad en su gran mayoría universitarios. Las 58 encuestas restantes las contestaron personas mayores de 25 años de edad, y no se hizo discriminación de ningún tipo ya que se busco que hubiera diversidad entre las respuestas con el fin de disminuir el sesgo en los resultados.

Una vez se establecieron los perfiles por medio de las encuestas se realizó la selección de los activos de las carteras de inversión. Se seleccionaron en principio 20 acciones que cotizan en la Bolsa de Valores de Colombia, las cuales fueron escogidas por el criterio de mayor capitalización bursátil. A cada una de estas acciones se le realizó un estudio para medir el grado de volatilidad y rentabilidad que ha generado durante el periodo de estudio, con el fin de identificar si dicha acción se adapta a un perfil conservador, moderado o de crecimiento y para determinar el grado de riesgo que la acción representa, el análisis histórico de datos de dichas acciones se realizó tomando las cotizaciones diarias de precio desde el 1 de enero del 2017 al 30 de agosto del 2019, con el fin de formular portafolios de inversión con aplicación a partir del 1 de septiembre de 2019 hasta el 31 de diciembre de 2020.

Tabla 2: Acciones según capitalización bursátil

Emisor	Capitalización Bursátil
ECOPETROL S.A.	119,238,414.60
BANCOLOMBIA S.A.	39,677,858.21
GRUPO AVAL ACCIONES Y VALORES S.A.	28,287,567.63
BANCO DE BOGOTA S.A.	24,349,120.83
INTERCONEXION ELECTRICA S.A. E.S.P.	21,311,722.69
EMPRESA DE ENERGIA DE BOGOTA S.A. E.S.P.	20,014,965.98
GRUPO INVERSIONES SURAMERICANA	19,476,398.15
GRUPO ARGOS S.A.	14,703,387.43
GRUPO NUTRESA S.A	11,567,503.75
CEMENTOS ARGOS S.A.	10,185,823.24
PROMIGAS S.A. E.S.P.	8,513,798.61
ALMACENES EXITO S.A.	7,877,835.98
CORPORACION FINANCIERA COLOMBIANA S.A.	7,656,225.34
COLOMBIA TELECOMUNICACIONES SA	6,540,323.22
BANCO DE OCCIDENTE S.A.	5,768,290.71
GRUPO BOLIVAR S.A.	5,136,050.66
CELSIA S.A E.S.P	4,590,182.26
BANCO DAVIVIENDA S.A	4,516,287.50
CEMEX LATAM HOLDING	2,521,293.57
CANACOL ENERGY LTD	2,108,207.36

Fuente: (Datos del portal financiero de Grupo Aval, agosto 2019)

Se tomaron los precios de cierre de las acciones presentados en la tabla 2 para los periodos seleccionados y se organizaron por fecha de cotización para la aplicación del modelo de Markowitz.

Para la implementación del modelo fue necesario realizar la interpolación de algunos valores para 6 acciones, debido a que estas acciones no cotizan en todas las fechas seleccionadas para el estudio. Para ello, se hizo uso de la ecuación (1) presentada a continuación:

$$Y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0) \quad (1)$$

En ella el valor de Y0 es el valor de la cotización anterior a la fecha que le falta el dato, y el valor Y1 es el valor de la cotización siguiente a la fecha que falta el dato. El valor X0 es la fecha de cotización anterior a la de la fecha que falta y X1 es la fecha siguiente a la del dato que falta.

Una vez se realizó la interpolación de los datos se procedió a formular una matriz de rentabilidades diarias para cada acción. Con esta información, es posible determinar la rentabilidad promedio que ha tenido cada acción en el periodo de tiempo de estudio, y a su vez, permite el cálculo de la desviación estándar de la rentabilidad diaria de las mismas.

Ahora, siguiendo la metodología de Markowitz se formuló una matriz de covarianza entre las acciones además se analizó el nivel de correlación, ya que según el modelo y la teoría de Markowitz es necesario que las acciones muestren poca correlación entre ellas con el fin de asegurar una adecuada diversificación del portafolio.

Una vez se obtuvo la matriz de covarianzas se prosiguió con la formulación de los cálculos los cuales permiten realizar la asignación de los diferentes portafolios.

Ya finalizado el procedimiento de Markowitz, se hizo uso de la metodología de algoritmos genéticos debido a las limitaciones explicadas en los apartados anteriores. Para ello se utilizó el software @RISK de Excel. El uso de algoritmos genéticos requirió tomar como referencia un benchmark, el cual en este caso fue el índice bursátil colombiano COLCAP con el cual se realizaron comparaciones en términos de rentabilidad diaria para identificar cuantos días del periodo de estudio rentó más el portafolio que el índice del mercado.

Con estos datos fue posible hallar la eficiencia del portafolio dadas las ponderaciones arrojadas por el modelo de Markowitz y a su vez, gracias a la ayuda del software fue posible encontrar una solución que maximiza la eficiencia del portafolio contra el mercado, lo cual se deriva en otro portafolio adicional para el trabajo.

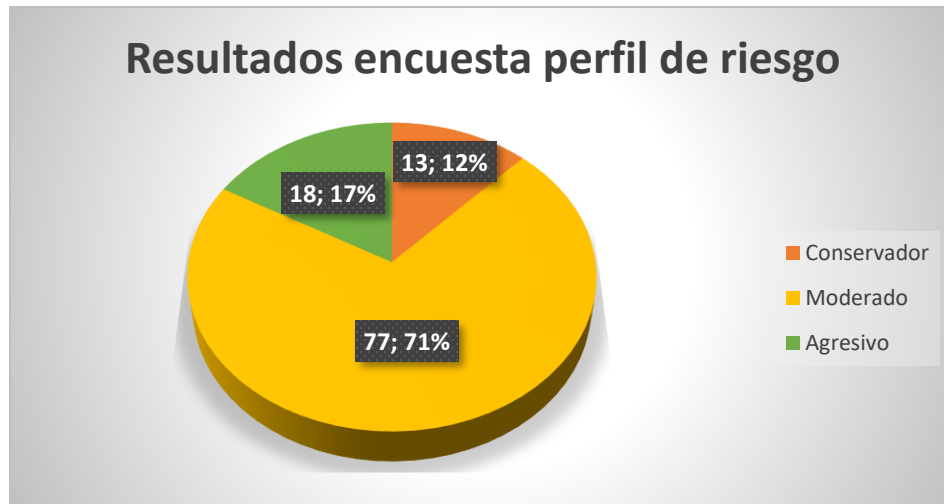
La herramienta @RISK mediante la integración de RISKOptimizer, el cual fue implementado en el proyecto de grado para lograr la combinación de la simulación Monte Carlo con optimización, usando algoritmos genéticos u OptQuest, puede determinar la mejor asignación de recursos, la distribución óptima de activos, el calendario más eficiente, este realiza análisis de riesgo utilizando la simulación para mostrar múltiples resultados posibles en un modelo adicionalmente computa y controla matemática y objetivamente gran número de escenarios futuros

posibles, y luego le indica las probabilidades y riesgos asociados con cada uno. esto quiere decir que usted podrá decidir qué riesgos desea tomar y cuáles prefiere evitar, tomando la mejor decisión en situaciones de incertidumbre. (Palisade, s.f.)

Finalmente, se plantea un nuevo procedimiento con el fin de eliminar la problemática sugerida por (Michaud, 1989) donde dice que al tomar precios históricos para el cálculo del portafolio de inversión se esta incurriendo en un sesgo, pues el modelo Markowitz permite tomar aquellos instrumentos con mayor rentabilidad y menos volatilidad lo que resulta en portafolios altamente concentrados en pocos títulos. Para esto se introducirá una restricción en el modelo donde el porcentaje máximo de la inversión que se le puede asignar a un único título es del 20%.

5. Resultados

Se realizaron en total 108 encuestas de identificación de perfil de riesgo, lo cual arrojó los siguientes resultados:



Fuente: (Elaboración propia)

Con base en este estudio realizado se tiene que, de las 108 personas encuestadas, 13 son personas que cuentan con características psicológicas que se adaptan a un perfil de riesgo conservador, 77 personas que se adaptan a un perfil con riesgo moderado y 18 que tienen un grado de tolerancia al riesgo mayor, por lo que se adaptan a un perfil más agresivo. Es importante destacar que, de las personas encuestadas, la gran mayoría se encuentra en un rango de edad entre los 20 y 30 años.

Para la conformación de los portafolios se establecieron rangos de volatilidad permitidos para cada grupo de inversionistas. Se obtuvo que para el perfil conservador el rango de volatilidad se encuentra entre 0% y 3% (Desviación estándar del portafolio), para el perfil moderado de 3% a 5% y para el perfil crecimiento de 5% en adelante.

Conociendo dichos rangos y tomando en cuenta lo arrojado por el modelo de Markowitz se seleccionaron 2 combinaciones de activos distintas de acuerdo con:

- Capitalización bursátil
- Nivel de desviación estándar de la rentabilidad
- Sectores económicos
- El subyacente del activo

Los activos seleccionados en las combinaciones cuentan con la característica de tener una capitalización bursátil alta en la bolsa. Además, las acciones cuentan con niveles de desviación estándar inferiores al 3% y se buscó que el portafolio tuviera acciones de diversos sectores económicos, con el fin de dar una mayor diversidad y controlar el efecto de la caída de un sector para que no afecte la rentabilidad fuertemente. Finalmente se aseguró que en el portafolio no hubieran más de 2 acciones que tuvieran subyacentes fuertes, como el caso de Ecopetrol con el petróleo y el dólar.

La primera combinación que se obtuvo se presenta a continuación en la tabla 2, en la cual se muestra cual sería la frontera eficiente de dicha combinación de activos.

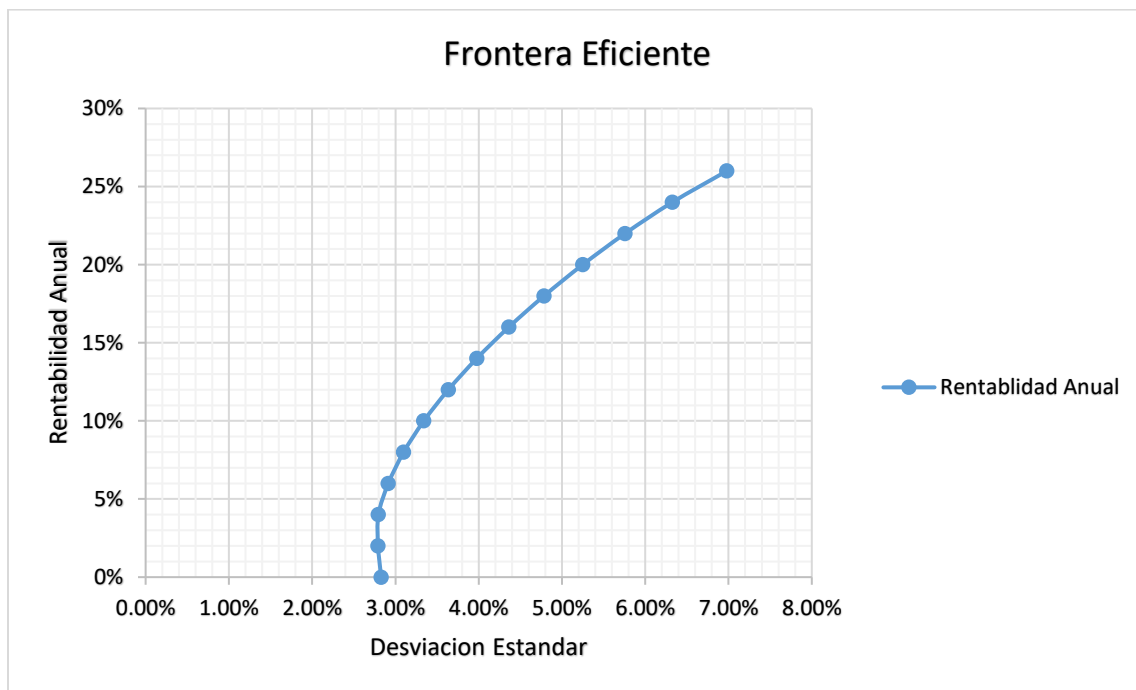
Tabla 2: Portafolio de inversión 1

Grupo Sura	Grupo Argos	Nutresa	Cementos Argos	Avianca Taca	Ecopetrol	Bancolombia	INTERCONEXION ELECTRICA S.A. E.S.P.	Almacenes Éxito	Corficolombiana	Davivienda	Desviación Estándar	Rentabilidad Anual
9.2%	9.1%	9.1%	9.3%	9.6%	8.8%	8.9%	8.8%	9.0%	9.2%	8.9%	2.83%	0%
9.5%	9.4%	9.4%	9.5%	6.0%	9.3%	9.3%	9.3%	9.4%	9.5%	9.4%	2.79%	2%
9.8%	9.9%	9.9%	3.8%	5.7%	10.4%	10.3%	10.4%	10.0%	9.6%	10.2%	2.80%	4%
8.9%	9.0%	9.2%	3.6%	5.0%	16.3%	10.0%	10.3%	9.4%	8.5%	9.7%	2.92%	6%
8.0%	8.2%	8.4%	3.4%	4.4%	22.4%	9.6%	10.1%	8.8%	7.5%	9.3%	3.10%	8%
7.1%	7.3%	7.6%	3.2%	3.8%	28.6%	9.2%	10.0%	8.0%	6.5%	8.7%	3.34%	10%
6.2%	6.4%	6.8%	3.0%	3.2%	34.9%	8.7%	9.8%	7.3%	5.6%	8.1%	3.64%	12%
5.3%	5.6%	5.9%	2.7%	2.6%	41.6%	8.2%	9.5%	6.5%	4.7%	7.5%	3.98%	14%
4.4%	4.7%	5.0%	2.4%	2.2%	48.4%	7.6%	9.2%	5.6%	3.8%	6.7%	4.36%	16%
3.6%	3.8%	4.2%	2.0%	1.7%	55.6%	6.8%	8.8%	4.7%	3.0%	5.8%	4.78%	18%
2.7%	3.0%	3.3%	1.7%	1.3%	63.1%	5.9%	8.3%	3.8%	2.3%	4.9%	5.25%	20%
2.0%	2.1%	2.4%	1.3%	0.9%	71.1%	4.8%	7.5%	2.8%	1.6%	3.8%	5.76%	22%
1.2%	1.3%	1.5%	0.8%	0.5%	79.7%	3.4%	6.3%	1.8%	1.0%	2.5%	6.33%	24%
0.5%	0.6%	0.6%	0.4%	0.2%	89.5%	1.7%	4.2%	0.8%	0.4%	1.2%	6.98%	26%

Fuente: (Elaboración propia)

La primera combinación de activos trae como resultado un portafolio conformado por 11 instrumentos financieros con rentabilidades que oscilan entre el 0% y el 26% con una desviación estándar desde el 2,83% hasta casi el 7%.

Grafica 2: Frontera eficiente, portafolio 1



Fuente: (Elaboración propia)

La frontera eficiente permite observar la rentabilidad máxima que se puede alcanzar a un nivel de riesgo determinado, en este caso esta frontera muestra las rentabilidades y desviaciones estándar de la tabla anteriormente presentada.

La segunda combinación se muestra en la tabla 3 a continuación:

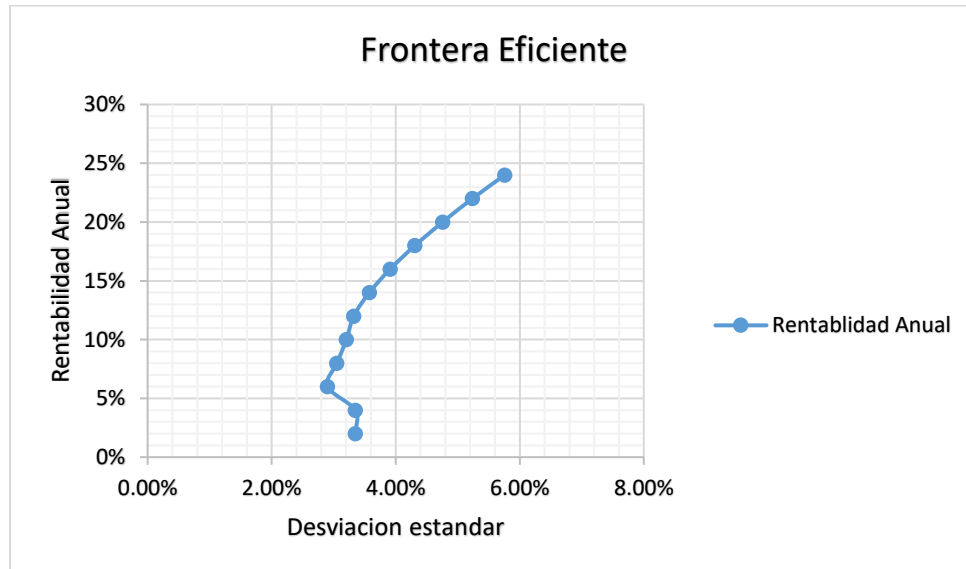
Tabla 3: Portafolio de inversión 2

Nutresa	INTERCONEXION ELECTRICA S.A. E.S.P.	Almacenes Éxito	Davivienda	Desviación Estándar	Rentabilidad Anual
87%	0%	13%	0%	3.35%	2%
88%	11%	0%	1%	3.35%	4%
54%	13%	32%	1%	2.90%	6%
38%	20%	42%	1%	3.05%	8%
29%	28%	42%	1%	3.21%	10%
26%	39%	34%	1%	3.32%	12%
22%	49%	28%	1%	3.58%	14%
17%	59%	23%	1%	3.91%	16%
13%	69%	17%	1%	4.31%	18%
9%	79%	11%	1%	4.76%	20%
4%	89%	5%	1%	5.24%	22%
0%	100%	0%	0%	5.76%	24%

Fuente: (Elaboración propia)

La segunda combinación de activos muestra un portafolio conformado por 4 instrumentos financieros con rentabilidades que oscilan desde el 2% hasta el 24% y un riesgo que puede llegar casi hasta el 6%, este portafolio presenta rentabilidades más bajas, pero con un menor riesgo que el primer portafolio presentado.

Grafica 3: Frontera Eficiente, portafolio 2



Fuente: (Elaboración propia)

La gráfica 3 muestra la frontera eficiente del segundo portafolio, mostrando así la rentabilidad obtenida a un nivel de riesgo determinado.

Siguiendo con el objetivo principal del trabajo y teniendo en cuenta los rangos de volatilidades previamente expuestos, se establecieron los portafolios de inversión para los 3 perfiles.

Perfil Conservador, volatilidad entre 0% y 3%. Se seleccionaron los siguientes portafolios:

Tabla 4: Portafolio de inversión perfil conservador 1

Grupo Sura	Grupo Argos	Nutresa	Cementos Argos	Avianca Taca	Ecopetrol	Bancolombia	INTERCONEXION ELECTRICA S.A. E.S.P.	Almacenes Éxito	Corficolombiana	Davivienda	Desviación Estándar	Rentabilidad Anual
9.2%	9.1%	9.1%	9.3%	9.6%	8.8%	8.9%	8.8%	9.0%	9.2%	8.9%	2.83%	0%
9.5%	9.4%	9.4%	9.5%	6.0%	9.3%	9.3%	9.3%	9.4%	9.5%	9.4%	2.79%	2%
9.8%	9.9%	9.9%	3.8%	5.7%	10.4%	10.3%	10.4%	10.0%	9.6%	10.2%	2.80%	4%
8.9%	9.0%	9.2%	3.6%	5.0%	16.3%	10.0%	10.3%	9.4%	8.5%	9.7%	2.92%	6%

Fuente: (Elaboración propia)

Según el modelo de Markowitz se obtuvieron diversas opciones para el perfil conservador. Todas las opciones cumplen con el rango de volatilidad y encuentran sus rentabilidades entre el 0% y el 6% E.A.

Tabla 5: Portafolio de inversión perfil moderado 1

Grupo Sura	Grupo Argos	Nutresa	Cementos Argos	Avianca Taca	Ecopetrol	Bancolombia	INTERCONEXION ELECTRICA S.A. E.S.P.	Almacenes Éxito	Corficolombiana	Davivienda	Desviación Estándar	Rentabilidad Anual
8.0%	8.2%	8.4%	3.4%	4.4%	22.4%	9.6%	10.1%	8.8%	7.5%	9.3%	3.10%	8%
7.1%	7.3%	7.6%	3.2%	3.8%	28.6%	9.2%	10.0%	8.0%	6.5%	8.7%	3.34%	10%
6.2%	6.4%	6.8%	3.0%	3.2%	34.9%	8.7%	9.8%	7.3%	5.6%	8.1%	3.64%	12%
5.3%	5.6%	5.9%	2.7%	2.6%	41.6%	8.2%	9.5%	6.5%	4.7%	7.5%	3.98%	14%
4.4%	4.7%	5.0%	2.4%	2.2%	48.4%	7.6%	9.2%	5.6%	3.8%	6.7%	4.36%	16%
3.6%	3.8%	4.2%	2.0%	1.7%	55.6%	6.8%	8.8%	4.7%	3.0%	5.8%	4.78%	18%

Fuente: (Elaboración propia)

La tabla 5 muestra los portafolios óptimos para el perfil moderado, con una volatilidad entre 3% y 5% y una rentabilidad que oscila entre el 8% y el 18%. Además, es de resaltar que Ecopetrol siempre obtiene el mayor porcentaje del capital.

Tabla 6: Portafolio de inversión perfil crecimiento 1

Grupo Sura	Grupo Argos	Nutresa	Cementos Argos	Avianca Taca	Ecopetrol	Bancolombia	INTERCONEXION ELECTRICA S.A. E.S.P.	Almacenes Éxito	Corficolombiana	Davivienda	Desviación Estándar	Rentabilidad Anual
2.7%	3.0%	3.3%	1.7%	1.3%	63.1%	5.9%	8.3%	3.8%	2.3%	4.9%	5.25%	20%
2.0%	2.1%	2.4%	1.3%	0.9%	71.1%	4.8%	7.5%	2.8%	1.6%	3.8%	5.76%	22%
1.2%	1.3%	1.5%	0.8%	0.5%	79.7%	3.4%	6.3%	1.8%	1.0%	2.5%	6.33%	24%
0.5%	0.6%	0.6%	0.4%	0.2%	89.5%	1.7%	4.2%	0.8%	0.4%	1.2%	6.98%	26%

Fuente: (Elaboración propia)

La tabla 6 muestra los portafolios óptimos para el perfil crecimiento donde se obtienen las mayores rentabilidades, 26%, a un nivel de riesgo mucho mayor, llegando este hasta casi un 7%.

Tabla 7: Portafolio de inversión perfil moderado 2

Nutresa	INTERCONEXION ELECTRICA S.A. E.S.P.	Almacenes Éxito	Davivienda	Desviación Estándar	Rentabilidad Anual
87%	0%	13%	0%	3.35%	2%
88%	11%	0%	1%	3.35%	4%
54%	13%	32%	1%	2.90%	6%
38%	20%	42%	1%	3.05%	8%
29%	28%	42%	1%	3.21%	10%
26%	39%	34%	1%	3.32%	12%
22%	49%	28%	1%	3.58%	14%
17%	59%	23%	1%	3.91%	16%
13%	69%	17%	1%	4.31%	18%
9%	79%	11%	1%	4.76%	20%

Fuente: (Elaboración propia)

La tabla 7 muestra el portafolio obtenido con la segunda combinación de activos, como resultado se obtienen rentabilidad que oscilan entre el 2% y el 20% con una desviación estándar de máximo 4,76%.

Tabla 8: Portafolio de inversión perfil crecimiento 2

Nutresa	INTERCONEXION ELECTRICA S.A. E.S.P.	Almacenes Éxito	Davivienda	Desviación Estándar	Rentabilidad Anual
87%	0%	13%	0%	3.35%	2%
88%	11%	0%	1%	3.35%	4%
54%	13%	32%	1%	2.90%	6%
38%	20%	42%	1%	3.05%	8%
29%	28%	42%	1%	3.21%	10%
26%	39%	34%	1%	3.32%	12%
22%	49%	28%	1%	3.58%	14%
17%	59%	23%	1%	3.91%	16%
13%	69%	17%	1%	4.31%	18%
9%	79%	11%	1%	4.76%	20%
4%	89%	5%	1%	5.24%	22%
0%	100%	0%	0%	5.76%	24%

Fuente: (Elaboración propia)

La tabla 8 muestra el portafolio óptimo para el perfil crecimiento con la segunda conformación de activos, aquí se puede observar que las rentabilidades llegan hasta un 24%, siendo estas superiores al perfil moderado con un riesgo un poco mayor. Es importante resaltar que para alcanzar la rentabilidad del 24% es necesario invertir el 100% del capital en Interconexión Eléctrica SA.

Los resultados presentados muestran que utilizando el modelo de Markowitz es posible llegar a resultados que brindan soluciones a cada uno de los problemas de cada inversionista, lo cual es ilustrado por medio de la frontera eficiente. Es por esto que es posible contrastar la teoría con fuentes de información diversa utilizada en el presente proyecto de grado.

METODOLOGIA ALGORITMOS GÉNETICOS

Tras aplicar la metodología de algoritmos genéticos se obtuvieron los siguientes resultados para los diferentes perfiles de riesgo:

Perfil conservador:

Tabla 9: Portafolio óptimo para el perfil conservador

Grupo Sura	Grupo Argos	Nutresa	Cementos Argos	Avianca Taca	Ecopetrol	Bancolombia	INTERCONEXION ELECTRICA S.A. E.S.P.	Almacenes Éxito	Corficolombiana	Davivienda	Desviación Estándar	Rentabilidad Anual
17.3%	9.6%	18.9%	8.1%	5.0%	4.2%	0.0%	0.0%	13.7%	0.0%	23.2%	2.64%	0.52%

Fuente: (Elaboración propia)

El resultado obtenido para el perfil conservador con algoritmos genéticos es una rentabilidad anual del 0,52%, es decir, no justifica realizar una inversión siendo perfil conservador pues la rentabilidad no alcanza a suplir la inflación anual por lo que el capital se estaría depreciando con el tiempo.

Perfil Moderado:

Tabla 10: Portafolio óptimo para el perfil moderado

Grupo Sura	Grupo Argos	Nutresa	Cementos Argos	Avianca Taca	Ecopetrol	Bancolombia	INTERCONEXION ELECTRICA S.A. E.S.P.	Almacenes Éxito	Corficolombiana	Davivienda	Desviación Estándar	Rentabilidad Anual
0%	0%	0%	0%	0%	39%	0%	47%	0%	15%	0%	4.46%	19.94%

Fuente: (Elaboración propia)

El perfil moderado otorga rentabilidades del 19,94% anual, siendo además este el portafolio de máxima eficiencia comparándolo con el COLCAP, por lo tanto, esta sería la mejor opción para invertir.

Perfil crecimiento:

Tabla 11: Portafolio óptimo para el perfil crecimiento

Grupo Sura	Grupo Argos	Nutresa	Cementos Argos	Avianca Taca	Ecopetrol	Bancolombia	INTERCONEXION ELECTRICA S.A. E.S.P.	Almacenes Éxito	Corficolombiana	Davivienda	Desviación Estándar	Rentabilidad Anual
0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	7,70%	27,65%

Fuente: (Elaboración propia)

El perfil crecimiento obtiene la rentabilidad más alta siendo esta de un 27,6% anual, sin embargo, concentra toda la inversión en un único título (Ecopetrol) por lo que no se diversifica el portafolio y se incurre en un riesgo muy alto, por lo que no es recomendable invertir con esta opción.

Solución al problema de Michaud

Tras correr el modelo solucionando la problemática planteada por Michaud se obtuvieron los siguientes resultados:

Perfil conservador

Tabla 12: Portafolio optimo para el perfil conservador (problemática Michaud)

Grupo Sura	Grupo Argos	Nutresa	Cementos Argos	Avianca Taca	Ecopetrol	Bancolombia	INTERCONEXION ELECTRICA S.A. E.S.P.	Almacenes Éxito	Corficolombiana	Davivienda	Desviación Estándar	Rentabilidad Anual
19,2%	8,7%	20,0%	1,9%	5,4%	2,4%	0,3%	7,3%	17,2%	6,7%	10,8%	2,54%	0,37%

Fuente: (Elaboración propia)

Los resultados obtenidos para el perfil conservador nos muestran una rentabilidad del 0,37%, la cual financieramente no tiene sentido pues, a pesar de que el portafolio esta altamente diversificado, la rentabilidad anual no alcanza a suplir la inflación anual del país, por lo cual el dinero se sigue depreciando con el tiempo y no se cumple el objetivo de preservar el capital.

Perfil moderado

Tabla 13: Portafolio óptimo para el perfil conservador (problemática Michaud)

Grupo Sura	Grupo Argos	Nutresa	Cementos Argos	Avianca Taca	Ecopetrol	Bancolombia	INTERCONEXION ELECTRICA S.A. E.S.P.	Almacenes Éxito	Corficolombiana	Davivienda	Desviación Estándar	Rentabilidad Anual
0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	0,0%	20,0%	3,48%	17,76%

Para el perfil moderado se puede observar que el portafolio se distribuye en 5 títulos obteniendo una rentabilidad anual del 17,76% y siendo esta la máxima que puede alcanzar el modelo, dando como resultado el mejor portafolio para invertir

Para el perfil crecimiento el modelo no arroja resultados pues para maximizar aun más la rentabilidad anual sería necesario eliminar la restricción que soluciona el problema de Michaud, por tanto, para este perfil el modelo no tiene solución.

Limitaciones y supuestos del modelo

El modelo presentado por Markowitz tiene ciertas limitaciones, la primera era la complejidad matemática que tenía el modelo para realizar los cálculos de las rentabilidades esperadas, las varianzas y las covarianzas, sin embargo, gracias a los softwares en la actualidad este deja de ser un problema pues @risk realiza los cálculos de manera automática.

Además de esto, el modelo no tiene en cuenta una herramienta para que el inversor evalúe su riesgo y así determinar su cartera optima, esto se soluciona con la introducción de la encuesta de perfil de riesgo en el modelo y determinando fronteras eficientes para cada uno de los perfiles.

Otra de las limitaciones es la planteada por Michaud donde dice que el modelo Markowitz tiene como resultados portafolios altamente concentrados en pocos títulos, esto se soluciona restringiendo el porcentaje máximo de la inversión que se le asigna a cada título.

Por último, es importante destacar que se usó el supuesto de que no se permiten ventas en cortos para este ejercicio, además, Otras limitaciones son que no tiene en cuenta el costo de transacción ni los impuestos.

6. Conclusiones

Tras aplicar el modelo Markowitz y algoritmos genéticos con la corrección de Michaud, los resultados otorgan la información de las posibles rentabilidades que se pueden obtener en el mercado de valores con una desviación estándar aproximada a cada uno de los perfiles identificados.

Aplicar la metodología de algoritmos o eficiencia como los algoritmos genéticos ayudan a realizar el proceso de una forma más eficiente ya que no se tiene que realizar la iteración de manera manual, sino que el software permite obtener los resultados sin necesidad de realizar tantas iteraciones.

El modelo de Markowitz, a pesar de sus limitaciones, es la base que permite identificar más de un portafolio y las diferentes participaciones para cada uno de los títulos buscando siempre la mayor rentabilidad.

Es importante realizar un análisis del interés real que se obtienen en las inversiones y se debe tener en cuenta la inflación en el momento de realizar la toma de decisiones financieras pues

puede darse el caso en el que la rentabilidad de la inversión no cubra la inflación anual por lo que no tendría sentido realizar una inversión en estos casos.

Realizar el análisis del perfil de riesgo inicialmente es importante ya que este permitirá determinar cuál sería el stop lose y el take profit de las inversiones.

El perfil de un inversionista óptimo para invertir en la BVC es el moderado pues obtiene un portafolio diversificado y balanceado que otorga altos niveles de rentabilidad a niveles de riesgo moderado, además, en este perfil se encontró el portafolio de máxima eficiencia comparándolo con el COLCAP.

Para el perfil crecimiento se encontraron rentabilidades muy elevadas, sin embargo, los portafolios que se forman eran portafolios donde se concentraba todo el capital en muy pocos títulos por lo que no se lograba la diversificación de este y se podría incurrir en riesgos muy altos y a la pérdida total del capital fácilmente.

Adicional a esto, en el desarrollo del trabajo se encontraron diferentes hallazgos que pueden ocurrir en el mercado de valores como:

Las acciones de grupo éxito el día 13 de septiembre del 2019 dejaron de cotizar en bolsa debido a que se genera una suspensión porque se está esperando una oferta pública de adquisición debido al manejo que se está teniendo por parte de grupo Casino; el cual posee al grupo éxito. Lo cual es una gran baja para la BVC ya que esta acción es de las únicas del grupo de retail entre las que cotizan en bolsa. Se está esperando que una vez se lanza la oferta pública de adquisición se realice una liquidación de la acción.

Estos cambios en el mercado pueden ir realizando modificaciones en los modelos que se han presentado y pueden llevar a pérdidas o ganancias en los modelos.

Estos hallazgos nos permiten concluir que acciones como ésta pueden deslistarse lo cual no es favorable para el mercado porque la BVC tiene pocos emisores por lo que de por sí es difícil

lograr una adecuada diversificación y entre más emisores se retiren los portafolios que se podrían conformar serían menos diversificados y más propensos al riesgo, además de esto, grupo Éxito era uno que permitía una alta diversificación por medio del retail.

Es importante aclarar que al ser un análisis de información histórica lo que se está realizando no se pretende realizar la proyección de los precios sino simplemente un análisis del comportamiento de las acciones y que el trabajo no pretende sugerir una inversión, sino que se realiza una aplicación y descripción de los modelos planteados anteriormente con el fin de demostrar que si es posible invertir en la BVC y generar buenas rentabilidades.

Finalmente, es importante concluir también que la metodología usada a lo largo del trabajo se ha desarrollado en los últimos años de una forma más eficiente por medio de la inteligencia artificial, lo cual produjo la creación de lo que se conoce como “Robo-Advisors”. Estos últimos requieren de una mínima intervención humana y funcionan de forma automática, logrando convertirse en gestores de patrimonio 100% en línea altamente eficientes que cuentan con el principal objetivo de reducir comisiones y reducir los tiempos de análisis en la fase previa a la inversión.

Bibliografía

- AMV. (Abril de 2012). *Amvcolombia*. Obtenido de <https://www.amvcolombia.org.co/attachments/data/20120522175501.pdf>
- Baron Zuluaga, M. A., & Agudelo Mahecha, B. A. (2016). *Construcción de una propuesta de portafolio de inversión con activos financieros para un inversionista de perfil agresivo para maximizar la rentabilidad de una inversión*. Medellín: Universidad EAFIT.
- BBVA Asset Management. (s.f.). *BBVA español*. Obtenido de <https://www.bbva.es/general/finanzas-vistazo/fondos-inversion/que-es-la-renta-variable/index.jsp>
- Betancourt Bejarano, K., García Díaz, C. M., & Lozano Riaño, V. (2013). *Teoría de Markowitz con metodología EWMA para la toma de decisión sobre como invertir su dinero*. Bogotá: Atlantic review of economics.

Castañeda, J. F. (2017). *Pruebas de stress testing y back testing como complemento para la estimacion de la perdida maxima esperada en un portafolio de inversion basado en el metodo de simulacion historica*. Toluca.

Colombia, B. d. (Julio de 2007). *banco interamericano de desarrollo*. Obtenido de <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=35594016>

De Greiff, S., & Rivera, J. C. (2018). *Optimización de portafolios de inversión con costos de transacción utilizando un algoritmo genético multiobjetivo: caso aplicado a la Bolsa de Valores de Colombia*. Medellin: Universidad ICESI, 2018.

Dinero. (2 de 2 de 2017). ¿Por qué cada vez menos personas naturales invierten en acciones? *Dinero*.

Ferrari, F. C. (s.f.). *Economipedia*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/frontera-carteras-eficiente.html>

Frank K. Reilly, K. C. (2009). *Investment Analysis & Portfolio Management*. Mason Ohio: Cengage Learning.

Gallegos, S. (2015). PROCEDIMIENTO ESTRATÉGICO DE GESTIÓN DE INVERSIONES PARA PERSONAS NATURALES EN EL MERCADO BURSÁTIL COLOMBIANO . *Universidad Del Rosario*, 49.

Gómez Ramírez, O. A., & García Ferrer, A. M. (2014). *Modelo para construir un portafolio que se adapte a un perfil de riesgo de un inversionista común en el mercado Colombiano*. Medellín.

Gonzales, C. E. (3 de Abril de 2018). En un año, la Bolsa de Valores de Colombia perdió 71.000 accionistas. *La republica*.

Herrera Rodríguez, M. T., Salazar Ocampo, N., & Torres Oke, S. (2015). *Portafolio de inversiones según el perfil de riesgos para construcciones El Cóndor S.A*. Medellín.

managment, B. A. (2018). *Como aplicar la economia conductual a la construccion de carteras*. BBVA.

Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, 77-91.

markowitz, H. (1957). A Simplex Method for the Portfolio Selection Problem. *Journal of Finance*.

Martinez, R. (2017). Algoritmos genéticos en la conformación de estrategias en Bolsa. *Revista Digital INESEM*.

Michaud, R. (1989). The Markowitz optimization enigma: Is "optimazed" optimal.

Montalvo, G. M. (8 de Diciembre de 2018). El mercado de capitales. *La republica*.

Ossa, A. B. (2014). Backtesting del valor en riesgo para los mercados bursátiles y de divisas latinoamericanas. *Science Effect*, 37-70.

Público, M. d. (2016). *Decreto 1247*. Bogotá: República de Colombia.

Revista Portafolio. (17 de Noviembre de 2006). No llegan mas empresas a bolsa y de las que estan solo se mueven 30. *Portafolio*.

- Santolino, M. (2013). Optimal capital allocation based on the risk profile of collective investment schemes: An application of distortion risk measures. *Revista de Metodos Cuantitativos para la Economia y la Empresa*.
- Sepulveda, R. (3 de marzo de 2019). El mercado de capitales debe subir al siguiente nivel. *Portafolio*.
- Vásquez Serpa, L. J., Dextre Osco, K., Mejia Quiñones, D., & Calapuja Escobedo, A. (2018). *Elección de Portafolio Óptimos de Activos con y sin Riesgo*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.